

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 832 745**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/327** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2019** **E 19202452 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2020** **EP 3650875**

54 Título: **Procedimiento de prueba de un aparato de protección eléctrica y aparato de protección que implementa un procedimiento de este tipo**

30 Prioridad:

**08.11.2018 FR 1871416**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**11.06.2021**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)  
35 Rue Joseph Monier  
92500 Rueil Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**BERNARD, JEAN-BAPTISTE**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 832 745 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de prueba de un aparato de protección eléctrica y aparato de protección que implementa un procedimiento de este tipo

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de prueba del funcionamiento de un aparato de protección de una red eléctrica, tal como un disyuntor, un relé de protección diferencial o un interruptor. La invención se refiere, igualmente, a un aparato de protección de una red que implementa un procedimiento de este tipo.

### Estado de la técnica

10 Los aparatos de protección eléctrica se usan ampliamente en las instalaciones eléctricas, con el fin de proteger los bienes y las personas contra unos fallos eléctricos. Estos aparatos de protección tienen por función, entre otras, interrumpir la alimentación eléctrica de una porción defectuosa del circuito eléctrico tan pronto como se detecta un fallo, con el fin de aislar la porción defectuosa del resto del circuito eléctrico. El fallo detectado puede ser un cortocircuito, una sobrecarga, un fallo de aislamiento a tierra o un fallo diferencial. Estos aparatos de protección disponen, generalmente, de un medio de prueba que permite verificar su buen funcionamiento. Para esto, una señal de prueba que tiene las características del fallo que es el objeto de la protección, se aplica al aparato de protección, con el fin de probar la capacidad de dicho aparato para detectar el fallo. Por ejemplo, un aparato de protección diferencial de calibre 300 mA se prueba por una aplicación de una corriente de prueba cuya amplitud máxima puede alcanzar 2,5 veces el valor del calibre, esto es, 750 mA.

20 La reducción del volumen de los aparatos de protección solicitada para integrar un número más importante de aparato de control y de protección eléctrica en un cuadro o un armario eléctrico o también la integración de nuevas funcionalidades en un aparato de protección presenta el inconveniente, entre otros, de un incremento del recalentamiento interno de los aparatos. En consecuencia, dichos aparatos deben consumir la menor cantidad de energía posible, con el fin de limitar el autocalentamiento. Esta restricción de consumo de energía es particularmente importante en fase de prueba, puesto que la energía implementada para la prueba es mucho más importante que la energía necesaria para el funcionamiento del aparato. Retomando el ejemplo anterior, el aparato de protección debe poder suministrar una corriente de prueba cuya amplitud puede ir hasta 750 mA.

25 Se conoce la patente de los Estados Unidos US 5 371 646 que describe un montaje que permite limitar la duración de la prueba a la duración estricta necesaria para la apertura del circuito eléctrico. Sin embargo, tomándose la energía necesaria para la prueba de la red eléctrica, la potencia solicitada es importante: por ejemplo, para una red de 300 30 400 voltio/50 Hz, una prueba de este tipo necesita una potencia de 120 vatio para un calibre de 300 mA. Aunque la prueba dura muy poco tiempo, la energía disipada en el producto en prueba no es desdeñable.

35 Se conoce la solicitud de patente europea EP 1 936 771 A1 que trata sobre un medio de prueba de un dispositivo diferencial que consiste en seleccionar un calibre de funcionamiento mínimo y seleccionar una temporización mínima. Esta solución es ventajosa cuando se aplica a un dispositivo que incluye varios calibres, por ejemplo, 30 mA, 100 mA y 300 mA, puesto que la prueba se efectuará sobre el calibre 30 mA. En cambio, esta solución no se puede aplicar a un aparato que no tiene más que un solo calibre, por ejemplo, 300 mA.

40 La solicitud de patente francesa FR 17 55699 describe un método de prueba de un aparato de protección sin provocar una apertura del circuito eléctrico sobre el que está instalado el aparato de protección. Esta solución es muy económica de energía, pero, en principio, no prueba la apertura del circuito eléctrico que es el objeto de la protección. La solicitud de patente de los Estados Unidos US 2009/040666 A1 describe un interruptor que comprende un circuito de prueba. La solicitud de patente de los Estados Unidos US 2012/154957 A1 describe un circuito de control de capacidad y un circuito de vigilancia de corriente que se pueden usar con un circuito de aparato de protección.

### Exposición de la invención

45 Por lo tanto, la presente invención tiene como objetivo remediar estos inconvenientes permitiendo probar el funcionamiento de un aparato de protección, sea el que sea el calibre seleccionado, sin necesitar un sobreconsumo de energía importante con respecto al funcionamiento nominal.

Para esto, la invención tiene por objeto un procedimiento de prueba del funcionamiento de un aparato de protección de una red eléctrica, incluyendo dicho aparato:

- 50 - un sensor de corriente que suministra una señal representativa de una corriente eléctrica de fallo que circula en, al menos, un conductor eléctrico,
- un circuito convertidor conectado, como entrada al sensor de corriente para recibir la señal representativa de la corriente de fallo y conectado como salida a un condensador, estando dicho circuito convertidor dispuesto para convertir la señal representativa de la corriente de fallo en una tensión de condensador e, igualmente, dispuesto para cargar el condensador a dicha tensión de condensador,
- 55 - un circuito de detección, conectado al condensador, para comparar la tensión de condensador en los terminales

del condensador con una tensión de umbral predeterminada y activar una salida de control cuando la tensión de condensador en los terminales del condensador es superior a la tensión de umbral,

- un primer circuito generador para generar una corriente de prueba en el sensor de corriente,
- un segundo circuito generador para generar una corriente de carga del condensador, incluyendo dicho procedimiento:

5 una primera secuencia de prueba para probar el sensor de corriente, el circuito convertidor y el condensador, por medio del primer circuito generador y, cuando la primera secuencia de prueba es positiva, una segunda secuencia de prueba para probar el circuito de detección por medio del segundo circuito generador y para activar la salida de control cuando la segunda secuencia de prueba es positiva.

10 Ventajosamente, la primera secuencia de prueba incluye:

- una etapa de una primera medición de tensión en los terminales del condensador,
- una etapa de generación de la corriente de prueba en el sensor de corriente durante una primera temporización y
- una etapa de una segunda medición de tensión en los terminales del condensador.

15 Ventajosamente, la primera temporización se determina para que la segunda medición de tensión sea inferior a la tensión de umbral.

Preferentemente, la primera temporización se determina en función:

- de la primera medición de tensión en los terminales del condensador,
- de un valor de una primera tensión objetivo predeterminada,
- de la capacidad del condensador y
- 20 - de la amplitud de la corriente de prueba.

Ventajosamente, el valor de la primera tensión objetivo es inferior a la tensión de umbral.

De manera preferente, la primera temporización se calcula según la ecuación:

[Mat. 1]

$$Tempo\_1 = \frac{(V\_cap1 - V\_s1) \times C}{I\_tst1}$$

25 en la que,

Tempo\_1 es la primera temporización,  
 V\_cap1 es la primera medición de tensión en los terminales del condensador,  
 V\_s 1 es el valor de la primera tensión objetivo,  
 C es la capacidad del condensador y I\_tst1 es la amplitud de la corriente de prueba.

30 Ventajosamente, la primera secuencia de prueba es positiva cuando la diferencia entre la segunda medición de tensión y la primera medición de tensión es superior a un segundo umbral predeterminado.

Preferentemente, la segunda secuencia de prueba incluye una etapa de generación de la corriente de carga del condensador por medio del segundo circuito generador durante una segunda temporización predeterminada.

De manera preferente, la segunda temporización se determina en función:

- 35 - de la segunda medición de tensión,
- de una segunda tensión objetivo predeterminada,
- del valor de la capacidad del condensador y
- de la amplitud de la corriente de carga del condensador.

Preferentemente, la segunda temporización se calcula según la ecuación:

40 [Mat. 2]

$$Tempo\_2 = \frac{(V\_s2 - V\_cap2) \times C}{I\_tst2}$$

en la que,

Tempo\_2 es la segunda temporización,  
 V\_s2 es la segunda tensión objetivo,  
 45 V\_cap2 es la segunda medición de tensión,  
 C es el valor de la capacidad del condensador y  
 I\_tst2 es la amplitud de la corriente de carga del condensador.

Ventajosamente, el valor de la segunda tensión objetivo está comprendido entre 1 vez y 1,2 veces la tensión de umbral.

La invención trata, igualmente, sobre un aparato de protección de una red eléctrica, incluyendo dicho aparato:

- un sensor de corriente que suministra una señal representativa de una corriente eléctrica de fallo que circula en, al menos, un conductor eléctrico,
- 5 - un circuito convertidor conectado, como entrada al sensor de corriente y como salida a un condensador, estando dicho circuito convertidor dispuesto para convertir la señal representativa de la corriente de fallo en una tensión de condensador y para cargar dicho condensador a dicha tensión,
- un circuito de detección, conectado al condensador, para comparar la tensión de condensador en los terminales del condensador con una primera tensión de umbral predeterminada y activar una salida de control cuando la
- 10 tensión en los terminales del condensador es superior a la tensión de umbral,
- un primer circuito generador para generar una corriente de prueba en el sensor de corriente,
- un circuito de medición, conectado al condensador, para medir la tensión de condensador en los terminales del condensador,
- un segundo circuito generador para generar una corriente de carga para cargar el condensador y
- 15 - un circuito de procesamiento conectado al primer circuito generador para controlar la generación de la corriente de prueba, conectado al segundo circuito generador para controlar la generación de la corriente de carga y conectado al circuito de medición para recibir la medición de la tensión de condensador en los terminales del condensador, incluyendo dicho circuito de procesamiento unos circuitos para ejecutar el procedimiento de prueba descrito anteriormente.

20 Ventajosamente, el circuito convertidor incluye una resistencia de carga y un circuito de rectificación de la señal representativa ( $I_s$ ) de la corriente de fallo.

De manera preferente, el aparato de protección incluye:

- un interruptor de corriente para establecer o para interrumpir la circulación de una corriente eléctrica en, al menos, un conductor de corriente,
- 25 - un accionador, conectado a la salida de control del circuito de detección, accionando dicho accionador la apertura del interruptor de corriente cuando la salida de control está activada.

Ventajosamente, el sensor de corriente es un sensor de la corriente diferencial que circula en, al menos, dos conductores eléctricos.

### **Breve descripción de los dibujos**

30 Los dibujos adjuntos ilustran la invención:

[Fig. 1] La figura 1 representa en forma de un esquema de bloques, un dispositivo de prueba de un aparato de protección de una red eléctrica.

[Fig. 2] La figura 2 representa un diagrama de flujo de un procedimiento de prueba de un aparato de protección que incluye un dispositivo de prueba según la invención.

35 [Fig. 3A]

[Fig. 3B]

[Fig. 3C] Las figuras 3A, 3B y 3C representan unos detalles del diagrama de flujo del procedimiento de prueba representado en la figura 2.

40 [Fig. 4] La figura 4 ilustra, por medio de un gráfico, unos niveles de tensión medidos y unos niveles de umbrales predefinidos o calculados en el transcurso de la ejecución del procedimiento de prueba.

[Fig. 5] La figura 5 es una representación esquemática del dispositivo de prueba de la invención.

[Fig. 6] La figura 6 es una representación esquemática de un aparato de protección que incluye el dispositivo de prueba de la invención.

### **Descripción detallada de modos de realización preferidos**

45 La figura 1 representa en forma de un esquema de bloques, un dispositivo de prueba de una cadena de medición de corriente de un aparato de protección eléctrica 1 según un modo de realización preferente de la invención. Dicho aparato de protección 1 incluye un sensor de corriente 2 dispuesto para suministrar una señal representativa  $I_s$  de una corriente eléctrica de fallo  $I_{df}$  que circula en, al menos, un conductor eléctrico 21. El sensor de corriente 2 es, de manera preferente, un sensor de corriente diferencial y, en este caso, se usan al menos dos conductores eléctricos

50 21. Una salida del sensor de corriente 2 está conectada a una entrada de un circuito convertidor 3. Dicho convertidor 3, que incluye una entrada y una salida, está dispuesto para convertir la señal representativa ( $I_s$ ) de la corriente de fallo recibida en su entrada en una tensión de condensador  $V_{cap}$  y para cargar un condensador 4, de capacidad  $C$ , conectado a su salida, a dicha tensión de condensador  $V_{cap}$ . La tensión en los terminales del condensador 4 es, de este modo, representativa de la corriente eléctrica de fallo  $I_{df}$ . El condensador 4 está conectado a una entrada de un

55 circuito de detección 5. El circuito de detección 5 compara la tensión de condensador  $V_{cap}$  recibida en su entrada con una tensión de umbral predeterminada  $V_{sd}$  y activa una salida de control 53 cuando la tensión de condensador  $V_{cap}$  es superior a la tensión de umbral  $V_{sd}$ . La tensión de umbral  $V_{sd}$  está vinculada a un límite denominado

calibre del aparato de protección eléctrica. El calibre puede estar predefinido a 30 mA, 100 mA, 300 mA o cualquier otro valor que permita ofrecer una protección adaptada para la instalación eléctrica en la que se instala el aparato de protección. La tensión de umbral  $V_{sd}$  es la tensión de condensador  $V_{cap}$  obtenida cuando la corriente eléctrica de fallo  $I_{df}$  es igual al calibre del aparato de protección. Por lo tanto, la salida de control 53 está activada cuando la corriente eléctrica de fallo  $I_{df}$  es superior al calibre del aparato de protección.

El aparato de protección 1 debe poder probarse, con el fin de verificar su buen funcionamiento. Para esto, se implementan un dispositivo y un procedimiento de prueba, con el fin de probar el funcionamiento del conjunto de sensor de corriente 2, convertidor 3, condensador 4, circuito de detección 5 y salida de control 53. Para esto, un primer circuito generador 6 está conectado al sensor de corriente 2 para generar una corriente de prueba  $I_{tst1}$  en el sensor de corriente 2. La corriente de prueba  $I_{tst1}$  debe ser representativa de una corriente de fallo  $I_{df}$ . Sin embargo, en el caso de una prueba de un aparato de calibre 300 mA, el primer circuito generador 6 debe suministrar una corriente de amplitud superior a 300 mA. Para esto, el primer circuito generador 6 debe incluir unos componentes dimensionados para disipar varios vatios, lo que plantea un primer problema de elevación de la temperatura interna del aparato de protección 1 y un segundo problema de espacio necesario vinculado al volumen de los componentes del generador, muy particularmente cuando dicho aparato es de un volumen reducido. Es posible reducir la corriente de prueba  $I_{tst1}$  usando, por ejemplo, un sensor de corriente 2 de tipo transformador de corriente, siendo la reducción de la corriente de prueba necesaria  $I_{tst1}$  inversamente proporcional al número de vueltas que constituyen el arrollamiento de prueba del sensor. Esta solución, conocida por el estado de la técnica, necesita, generalmente, una construcción del transformador de corriente y de su arrollamiento de prueba adaptada para el calibre del aparato de protección o para un alcance limitado de calibres. Por lo tanto, esta solución genera tantas variantes industriales como calibres, lo que incrementa el coste de fabricación.

El objeto de la invención, representado en la figura 2 en forma de un diagrama de flujo, es un procedimiento de prueba que incluye una primera secuencia de prueba 100 para probar, en un primer momento el sensor de corriente 2, el circuito convertidor 3 y el condensador 4 usando menos energía que para una prueba que implementa una corriente de prueba superior al calibre del aparato. En el transcurso de dicha primera secuencia de prueba 1, la tensión de condensador  $V_{cap}$  permanece inferior a la tensión de umbral  $V_{sd}$  para no activar la salida de control 53. Cuando la primera secuencia de prueba es positiva, el procedimiento continúa con una segunda secuencia de prueba 200 para probar el condensador 4, el circuito de detección 5 y para activar la salida de control 53 cuando la segunda secuencia de prueba es positiva. El fraccionamiento innovador de las operaciones de prueba en dos secuencias de prueba, que implementa unas señales y unos criterios de prueba diferentes, permite probar todos los circuitos y los componentes de manera fiable, sin generar un sobreconsumo de energía y, por lo tanto, sin generar un calentamiento significativo.

Las figuras 3A y 3B representan la primera secuencia de prueba 100 en forma de un diagrama de flujo detallado. Dicha primera secuencia de prueba 100 comienza con una etapa de primera medición 110 de tensión de condensador  $V_{cap1}$  en los terminales del condensador 4. El procedimiento puede continuar con una etapa de inicialización 120 de una primera temporización  $Tempo_1$  a una primera duración predeterminada  $T1$ . De manera preferente, se efectúa una etapa de comparación 115 de la primera medición de tensión de condensador  $V_{cap1}$  con una tensión de control predeterminada  $V_{ct}$  después de la etapa de medición 110. Cuando la primera medición de tensión de condensador  $V_{cap1}$  es superior a la tensión de control  $V_{ct}$ , entonces, se efectúa un cálculo de la primera temporización  $Tempo_1$  en el transcurso de una etapa 125. La primera temporización  $Tempo_1$  se calcula de manera que la tensión en los terminales del condensador 4, al final de la temporización  $Tempo_1$ , alcance una tensión objetivo  $V_{s1}$ , inferior a la tensión de umbral  $V_{sd}$ . Esta particularidad permite una verificación del buen funcionamiento del sensor de corriente 2, del circuito convertidor 3 y del condensador 4 sin activar la salida de control 53. El valor de la primera tensión objetivo  $V_{s1}$  es inferior a la tensión de umbral  $V_{sd}$ . De manera preferente, el valor de dicha primera tensión objetivo  $V_{s1}$  está comprendido entre 0,1 y 0,9 veces la tensión de umbral  $V_{sd}$ . Es función del valor del calibre del aparato y de la amplitud de la corriente de prueba a generar.

El valor de la primera temporización  $Tempo_1$  se determina en función:

- del valor de la primera medición de tensión  $V_{cap1}$ ,
- del valor de la primera tensión objetivo  $V_{s1}$ ,
- del valor de la capacidad  $C$  del condensador 4 y
- del valor de la amplitud de la corriente de prueba  $I_{tst1}$ .

De manera preferente, el valor de la primera temporización  $Tempo_1$  se calcula según la siguiente ecuación:

[Mat. 3]

$$Tempo_1 = \frac{(V_{cap1} - V_{s1}) \times C}{I_{tst1}}$$

La etapa de inicialización 120 de la primera temporización  $Tempo_1$  o la etapa de cálculo 125 de dicha primera temporización  $Tempo_1$  están seguidas de una etapa de inicialización a cero 130 de un cronómetro  $t$ , luego, por una etapa de incremento 135 del cronómetro  $t$  y del suministro de la corriente de prueba  $I_{tst1}$  por el primer circuito generador 6. A continuación, el tiempo transcurrido  $t$  se compara con la primera temporización  $Tempo_1$  en el transcurso de una etapa de comparación 140. En tanto en cuanto que el tiempo  $t$  es inferior a la primera temporización

Tempo\_1, el procedimiento permanece en las etapas de suministro de la corriente de prueba I\_tst1. Tan pronto como el tiempo transcurrido t es superior a la primera temporización Tempo\_1, el procedimiento pasa a una etapa 145 en el transcurso de la que se detiene el suministro de la corriente de prueba I\_tst1, luego, a una etapa de segunda medición 150 de tensión V\_cap2 en los terminales del condensador 4. A continuación, se efectúa un cálculo de desviación teórica Delta\_V en el transcurso de una etapa 160. La desviación teórica Delta\_V corresponde al incremento teórico de la tensión V\_cap en los terminales del condensador 4 debido a la presencia de la corriente de prueba I\_tst1 durante la duración de la primera temporización Tempo\_1.

De manera preferente, el valor de la desviación teórica Delta\_V se calcula según la siguiente ecuación:

[Mat. 4]

$$Delta\_V = \frac{1}{C} \times I\_tst1 \times Tempo\_1$$

Una comparación entre la desviación teórica Delta\_V y la diferencia de potencial entre la segunda medición de tensión V\_cap2 y la primera medición de tensión V\_cap1 se efectúa en el transcurso de una etapa de comparación 170. Cuando no se alcanza la igualdad, en particular, cuando la diferencia de potencial entre la segunda medición de tensión V\_cap2 y la primera medición de tensión V\_cap1 es inferior a la desviación teórica Delta\_V, entonces, la prueba se considera como negativa en una etapa 180. En cambio, cuando se respeta la igualdad, la primera secuencia de prueba 100 se juzga positiva y el procedimiento continúa con la segunda secuencia de prueba 200. En un modo de realización preferido, se considera que se respeta la igualdad cuando la diferencia de tensión entre V\_cap2 y V\_cap1 está comprendida entre la desviación teórica Delta\_V -20 % y Delta\_V +20 %.

La figura 3C representa la segunda secuencia de prueba 200 en forma de un diagrama de flujo detallado. Dicha segunda secuencia de prueba 200 comienza con una etapa de cálculo 210 de la segunda temporización Tempo\_2. De manera análoga a la secuencia 1, la segunda temporización Tempo\_2 puede estar predefinida a una duración suficiente para obtener una activación de la salida de control 53. De manera preferente, la segunda temporización Tempo\_2 se calcula para verificar la precisión del umbral de activación de la salida de control 53 por el circuito de detección 5. Para esto, la segunda temporización Tempo\_2 se calcula de manera que la tensión en los terminales del condensador 4 alcance una segunda tensión objetivo V\_s2 sustancialmente superior a la tensión de umbral V\_sd para obtener la activación de la salida de control 53. Por "sustancialmente superior" se entiende el hecho de que el valor de dicha segunda tensión objetivo V\_s2 está comprendido de manera preferente entre 1 y 1,5 veces la tensión de umbral V\_sd. Una limitación de intervalo de este tipo permite verificar la precisión de basculación del circuito de detección 5. Por ejemplo, en un modo de realización particular, la tensión objetivo V\_s2 es igual a 1,2 veces la tensión de umbral V\_sd. El circuito de detección 5 activa, de este modo, la salida de control, en el peor caso, cuando la tensión de condensador V\_cap en los terminales del condensador 4 excede en un 20 % la tensión de umbral V\_sd. Se verifica, de este modo, que el umbral de activación de la salida de control no se ha derivado en más de un 20 % con respecto al umbral de activación esperado.

El valor de la segunda temporización Tempo\_2 se determina en función:

- del valor de la segunda medición de tensión V\_cap2,
- del valor de la segunda tensión objetivo V\_s2,
- del valor de la capacidad C del condensador 4 y
- del valor de la amplitud de una corriente de carga I\_tst2 suministrada por un segundo circuito generador 7.

De manera preferente, el valor de la segunda temporización Tempo\_2 se calcula según la siguiente ecuación:

[Mat. 5]

$$Tempo\_2 = \frac{(V\_s2 - V\_cap2) \times C}{I\_tst2}$$

La etapa de cálculo 210 de la segunda temporización Tempo\_2 está seguida de una etapa de inicialización a cero 220 del cronómetro t, luego, por una etapa de incremento 230 del cronómetro t y del suministro de la corriente de carga I\_tst2 por el segundo circuito generador 7. La corriente de carga I\_tst2 va a cargar el condensador 4, con el fin de hacer subir la tensión V\_cap en los terminales de dicho condensador 4 hasta el valor de la segunda tensión objetivo V\_s2. Dicha tensión objetivo V\_s2 es ligeramente superior a la tensión de umbral V\_sd y, por consiguiente, cuando la tensión V\_cap en los terminales del condensador 4 es igual a la tensión de umbral V\_sd, en la etapa 240, el circuito de detección 5 activa la salida de control 53. El procedimiento termina con una etapa de señalización 250 de prueba positiva.

El tiempo transcurrido t se compara con la segunda temporización Tempo\_2 en el transcurso de una etapa de comparación 260. En tanto en cuanto que el tiempo t es inferior a la segunda temporización Tempo\_2, el procedimiento permanece en la etapa de suministro 230 de la corriente de prueba I\_tst1 y de incremento del cronómetro t. Tan pronto como el tiempo transcurrido t es superior a la segunda temporización Tempo\_2, el procedimiento pasa a una etapa 270 en el transcurso de la que se detiene el suministro de la corriente de prueba I\_tst2, luego, a una etapa 280 para una señalización de una prueba negativa: en efecto, en el transcurso de la duración de la segunda temporización

Tempo\_2, la tensión  $V_{cap}$  en los terminales del condensador 4 no ha sido igual o superior a la tensión de umbral  $V_{sd}$  y, por lo tanto, la salida de control 53 no se ha activado.

El gráfico representado en la figura 4 ilustra unos niveles de tensión en los terminales del condensador 4 y unos niveles de umbrales predefinidos o calculados en el transcurso de la ejecución completa del procedimiento de prueba. En la etapa 110 de la primera secuencia, la tensión en los terminales del condensador 4 es igual a  $V_{cap1}$ . Siendo la tensión  $V_{cap1}$  superior a la tensión de control  $V_{ct}$ , el procedimiento calcula la primera temporización Tempo\_1 en el transcurso de la etapa 125, luego, en la etapa 135, controla el suministro de la corriente de prueba  $I_{tst1}$  por el primer circuito generador 6 y el incremento del cronómetro  $t$ . La tensión en los terminales del condensador 4 se incrementa y tiende hacia la primera tensión objetivo  $V_{s1}$ . Sin embargo, el final de la primera temporización Tempo\_1 congela la tensión en los terminales del condensador 4 en el valor  $V_{cap2}$ . Habiendo el sensor de corriente 2, el circuito convertidor 3 y el condensador 4 funcionando correctamente, la diferencia de potencial entre la segunda medición de tensión  $V_{cap2}$  y la primera medición de tensión  $V_{cap1}$  es sustancialmente igual a la desviación teórica  $\Delta V$ . El procedimiento pasa a la segunda secuencia de prueba 200 en el transcurso de la que la corriente de carga  $I_{tst2}$  está suministrada por el segundo circuito generador 7 durante la segunda temporización Tempo\_2. La tensión en los terminales del condensador 4 se incrementa y tiende hacia la segunda tensión objetivo  $V_{s2}$ . Sin embargo, cuando la tensión en los terminales del condensador 4 pasa por encima de la tensión de umbral  $V_{sd}$ , el circuito de detección 5 activa la salida de control 53, la prueba es positiva y el procedimiento se para.

La invención tiene, igualmente, por objeto un aparato de protección eléctrica 1 que ofrece de manera preferente una protección contra los fallos eléctricos de tipo fallo diferencial, por ejemplo, un disyuntor, un relé de protección o un interruptor. Un dispositivo de prueba de un aparato de protección 1 de este tipo se representa esquemáticamente en la figura 5. Un aparato de protección 1 de este tipo incluye:

- un sensor de corriente 2 que suministra una señal representativa  $I_s$  de una corriente eléctrica de fallo  $I_{df}$  que circula en, al menos, un conductor eléctrico 21,
- un circuito convertidor 3 conectado, como entrada al sensor de corriente 2 y como salida a un condensador 4, estando dicho circuito convertidor 3 dispuesto para convertir la señal representativa  $I_s$  de la corriente de fallo en una tensión de condensador  $V_{cap}$  y para cargar dicho condensador 4 a dicha tensión  $V_{cap}$ ,
- un circuito de detección 5, conectado al condensador 4, para comparar la tensión de condensador  $V_{cap}$  en los terminales del condensador 4 con una primera tensión de umbral predeterminada  $V_{sd}$  por medio de un comparador 52 y activar una salida de control 53 cuando la tensión en los terminales del condensador 4 es superior a la tensión de umbral  $V_{sd}$  suministrada por una referencia de tensión 51,
- un primer circuito generador 6 para generar una corriente de prueba  $I_{tst1}$  en el sensor de corriente 2,
- un circuito de medición 8, conectado al condensador 4, para medir la tensión de condensador  $V_{cap}$  en los terminales del condensador 4 y suministrar una medición de dicha tensión  $V_{cap}$ ,
- un segundo circuito generador 7 para generar una corriente de carga  $I_{tst2}$  para cargar el condensador 4 y
- un circuito de procesamiento 9 conectado al primer circuito generador 6 para controlar la generación de la corriente de prueba  $I_{tst1}$ , estando dicho circuito de procesamiento conectado al segundo circuito generador 7 para controlar la generación de la corriente de carga  $I_{tst2}$  y conectado al circuito de medición 8 para recibir la medición de la tensión de condensador  $V_{cap}$  en los terminales del condensador 4. Opcionalmente, una línea de comunicación 91 está destinada a transmitir unas informaciones de estado del aparato de protección 1 y/o recibir unos controles y un indicador 92 permite visualizar unas informaciones sobre el estado del aparato de protección 1.

El circuito de procesamiento 9 incluye unos circuitos tales como unas puertas lógicas, microprocesador, microcontrolador o ASIC, para ejecutar el procedimiento de prueba descrito anteriormente.

El condensador 4 tiene de manera preferente una capacidad  $C$  comprendida entre 0,5 y 10 microfaradio.

El sensor de corriente 2 incluye de manera preferente un circuito magnético 22 y un arrollamiento secundario 23 para suministrar la señal representativa  $I_s$  de la corriente eléctrica de fallo  $I_{df}$ . De manera preferente, el sensor de corriente 2 es un sensor de corriente diferencial destinado a detectar una diferencia de amplitud de la corriente que circula en, al menos, dos conductores eléctricos 21.

El circuito convertidor 3 incluye una resistencia de carga 31, destinada a ajustar el calibre del aparato de protección 1. Un circuito de rectificación 32 está dispuesto para rectificar la señal representativa  $I_s$  de la corriente eléctrica de fallo  $I_{df}$  proporcionada por el sensor de corriente 2 en una tensión continua  $V_{cap}$  y para cargar el condensador 4 a dicha tensión  $V_{cap}$ .

El primer circuito generador 6, representado en la figura 5, está constituido por una resistencia de limitación 62 y por un tiristor 63. La puerta del tiristor está conectada al circuito de procesamiento 9 para controlar la generación de la corriente de prueba  $I_{tst1}$  en el sensor de corriente 2. La corriente de prueba  $I_{tst1}$  se toma de uno de los conductores de corriente 21, por ejemplo, el conductor de fase F. La corriente de prueba está limitada por la resistencia de limitación 62 y circula en un conductor 61 que pasa por el sensor de corriente 2. Por ejemplo, la corriente de prueba  $I_{tst1}$  es igual a 50 mA para un calibre de 300 mA. Reduciendo, de este modo, la corriente de prueba del sensor en un factor 15, esto es  $750/50$ , la energía disipada durante la implementación de la prueba se divide por 225 en comparación con una prueba para la que la corriente de prueba  $I_{tst1}$  sería igual a la corriente de prueba igual a 750 mA. En

consecuencia, el tamaño de los componentes usados para generar las señales de prueba se reduce en las mismas proporciones, lo que representa una ventaja significativa del procedimiento de prueba según la invención. El modo de realización del primer circuito generador 6 representado en la figura 5 es preferente, sin embargo, se pueden considerar otros modos de realización.

5 El aparato de protección 1 está destinado a proteger una instalación eléctrica contra unos fallos eléctricos efectuando una apertura del circuito eléctrico vigilado. Para esto, el aparato de protección 1, representado en forma esquemática en la figura 6, incluye:

- un interruptor de corriente 12, conectado en serie con al menos, un conductor de corriente 21, estando dicho interruptor 12 dispuesto para establecer o para interrumpir la circulación de la corriente eléctrica en el, al menos, un conductor de corriente 21,
- 10 - un accionador 11, conectado a la salida de control 53 del circuito de detección 5, accionando dicho accionador 11 la apertura del interruptor de corriente 12 para interrumpir la circulación de la corriente eléctrica cuando la salida de control 53 está activada.

15 En un modo de realización preferente, el accionador 11 dispone de un umbral de funcionamiento predeterminado, integra la función del circuito de detección 5.

Unos circuitos de alimentación 10 suministran una alimentación Vcc adaptada para el circuito de procesamiento 9, para el circuito de medición 8, para el segundo circuito generador 7 y para el circuito de detección 5. La alimentación y el conjunto de los circuitos están referenciados con respecto a un potencial de referencia Vss. Los circuitos de alimentación 10 están conectados de manera preferente a los conductores eléctricos 21 para tomar la energía necesaria para el funcionamiento de los diferentes circuitos alimentados.

20 El procedimiento de prueba que es el objeto de la invención permite una prueba exhaustiva y precisa de los circuitos y componentes. Un procedimiento de este tipo limita muy fuertemente el consumo de energía necesaria para la prueba y, por lo tanto, limita el calentamiento de los componentes gracias al fraccionamiento de las operaciones de prueba en dos secuencias de prueba, implementando cada operación de prueba un generador específico que proporciona el mínimo de energía necesaria para la prueba. Un procedimiento de este tipo permite, igualmente, verificar que los circuitos no se han derivado en su funcionamiento. Por ejemplo, si el primer circuito generador 6 proporciona una corriente de prueba de amplitud diferente de  $I_{tst1}$  o si el valor de la capacidad C se ha derivado, entonces, la diferencia de potencial  $V_{cap2} - V_{cap1}$  será diferente de la desviación teórica  $\Delta_V$  y la prueba será negativa. Por último, el valor del calibre no tiene un impacto fuerte sobre el procedimiento de prueba ni sobre la elección de los componentes y circuitos implementados, por lo tanto, un procedimiento de este tipo se puede implementar en una gama muy amplia de productos de protección.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de prueba del funcionamiento de un aparato de protección (1) de una red eléctrica, incluyendo dicho aparato:

- 5 - un sensor de corriente (2) que suministra una señal representativa (Is) de una corriente eléctrica de fallo (Idf) que circula en, al menos, un conductor eléctrico (21),
- un circuito convertidor (3) conectado, como entrada al sensor de corriente (2) para recibir la señal representativa (Is) de la corriente de fallo (Idf) y conectado como salida a un condensador (4), estando dicho circuito convertidor (3) dispuesto para convertir la señal representativa (Is) de la corriente de fallo en una tensión de condensador (V\_cap) y para cargar el condensador (4) a dicha tensión de condensador (V\_cap),
- 10 - un circuito de detección (5), conectado al condensador (4), para comparar la tensión de condensador (V\_cap) en los terminales del condensador (4) con una tensión de umbral predeterminada (V\_sd) y activar una salida de control (53) cuando la tensión de condensador (V\_cap) en los terminales del condensador (4) es superior a la tensión de umbral (V\_sd),
- 15 - un primer circuito generador (6) para generar una corriente de prueba (I\_tst1) en el sensor de corriente (2),
- un segundo circuito generador (7) para generar una corriente de carga (I\_tst2) del condensador (4),

donde el procedimiento incluye:

una primera secuencia de prueba (100) para probar el sensor de corriente (2), el circuito convertidor (3) y el condensador (4), por medio del primer circuito generador (6) y, cuando la primera secuencia de prueba es positiva, una segunda secuencia de prueba (200) para probar el circuito de detección (5) por medio del segundo circuito generador (7) y para activar la salida de control (53) cuando la segunda secuencia de prueba es positiva.

2. Procedimiento de prueba según la reivindicación 1 **caracterizado porque** la primera secuencia de prueba (100) incluye:

- 25 - una etapa de una primera medición (110) de tensión (V\_cap1) en los terminales del condensador (4),
- una etapa de generación (135) de la corriente de prueba (I\_tst1) en el sensor de corriente (2) durante una primera temporización (Tempo\_1) y
- una etapa de una segunda medición (150) de tensión (V\_cap2) en los terminales del condensador (4).

3. Procedimiento de prueba según la reivindicación 2 **caracterizado porque** la primera temporización (Tempo\_1) se determina para que la segunda medición de tensión (V\_cap2) sea inferior a la tensión de umbral (V\_sd).

4. Procedimiento de prueba según una de las reivindicaciones 2 o 3 **caracterizado porque** la primera temporización (Tempo\_1) se determina en función:

- de la primera medición de tensión (V\_cap1) en los terminales del condensador (4),
- de un valor de una primera tensión objetivo predeterminada (V\_s1),
- de la capacidad (C) del condensador (4) y
- de la amplitud de la corriente de prueba (I\_tst1).

5. Procedimiento de prueba según la reivindicación anterior **caracterizado porque** el valor de la primera tensión objetivo (V\_s1) es inferior a la tensión de umbral (V\_sd).

6. Procedimiento de prueba según una de las reivindicaciones 4 o 5 **caracterizado porque** la primera temporización (Tempo\_1) se calcula según la ecuación:

[Mat. 6]

$$40 \quad Tempo_1 = \frac{(V_{cap1} - V_{s1}) \times C}{I_{tst1}}$$

en la que,

- Tempo\_1 es la primera temporización,
- V\_cap1 es la primera medición de tensión en los terminales del condensador (4),
- V\_s1 es el valor de la primera tensión objetivo,
- 45 C es la capacidad del condensador (4) y
- I\_tst1 es la amplitud de la corriente de prueba.

7. Procedimiento de prueba según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6 **caracterizado porque** la primera secuencia de prueba (100) es positiva cuando la diferencia entre la segunda medición de tensión (V\_cap2) y la primera medición de tensión (V\_cap1) es superior a un segundo umbral predeterminado (Delta\_V).

8. Procedimiento de prueba según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la segunda secuencia de prueba (200) incluye una etapa (240) de generación de la corriente de carga (I\_tst2) del condensador

(4) por medio del segundo circuito generador (7) durante una segunda temporización predeterminada (Tempo\_2).

9. Procedimiento de prueba según la reivindicación anterior **caracterizado porque** la segunda temporización (Tempo\_2) se determina en función:

- 5
- de la segunda medición de tensión (V\_cap2),
  - de una segunda tensión objetivo predeterminada (V\_s2),
  - del valor de la capacidad (C) del condensador (4) y
  - de la amplitud de la corriente de carga (I\_tst2) del condensador (4).

10. Procedimiento de prueba según la reivindicación anterior **caracterizado porque** la segunda temporización (Tempo\_2) se calcula según la ecuación:

10 [Mat. 7]

$$Tempo\_2 = \frac{(V\_s2 - V\_cap2) \times C}{I\_tst2}$$

en la que,

- 15
- Tempo\_2 es la segunda temporización,
  - V\_s2 es la segunda tensión objetivo,
  - V\_cap2 es la segunda medición de tensión,
  - C es el valor de la capacidad del condensador (4) y
  - I\_tst2 es la amplitud de la corriente de carga del condensador (4).

11. Procedimiento de prueba según una de las reivindicaciones 9 o 10 **caracterizado porque** el valor de la segunda tensión objetivo (V\_s2) está comprendido entre 1 vez y 1,2 veces la tensión de umbral (V\_sd).

20 12. Aparato de protección (1) de una red eléctrica, incluyendo dicho aparato:

- 25
- un sensor de corriente (2) que suministra una señal representativa (Is) de una corriente eléctrica de fallo (Idf) que circula en, al menos, un conductor eléctrico (21),
  - un circuito convertidor (3) conectado, como entrada al sensor de corriente (2) y como salida a un condensador (4), estando dicho circuito convertidor (3) dispuesto para convertir la señal representativa (Is) de la corriente de fallo en una tensión de condensador (V\_cap) y para cargar dicho condensador (4) a dicha tensión (V-cap),
  - un circuito de detección (5), conectado al condensador (4), para comparar la tensión de condensador (V\_cap) en los terminales del condensador (4) con una primera tensión de umbral predeterminada (V\_sd) y activar una salida de control (53) cuando la tensión en los terminales del condensador (4) es superior a la tensión de umbral (V\_sd),
  - un primer circuito generador (6) para generar una corriente de prueba (I\_tst1) en el sensor de corriente (2),

30 estando dicho aparato de protección (1) **caracterizado porque** incluye:

- 35
- un circuito de medición (8), conectado al condensador (4), para medir la tensión de condensador (V\_cap) en los terminales del condensador (4),
  - un segundo circuito generador (7) para generar una corriente de carga (I\_tst2) para cargar el condensador (4) y
  - un circuito de procesamiento (9) conectado al primer circuito generador (6) para controlar la generación de la corriente de prueba (I\_tst1), conectado al segundo circuito generador (7) para controlar la generación de la corriente de carga (I\_tst2) y conectado al circuito de medición (8) para recibir la medición de la tensión de condensador (V\_cap) en los terminales del condensador (4), incluyendo dicho circuito de procesamiento (9) unos circuitos para ejecutar el procedimiento de prueba según una de las reivindicaciones 1 a 11.

40 13. Aparato de protección (1) según la reivindicación anterior **caracterizado porque** el circuito convertidor (3) incluye una resistencia de carga (31) y un circuito de rectificación (32) de la señal representativa (Is) de la corriente de fallo (Idf).

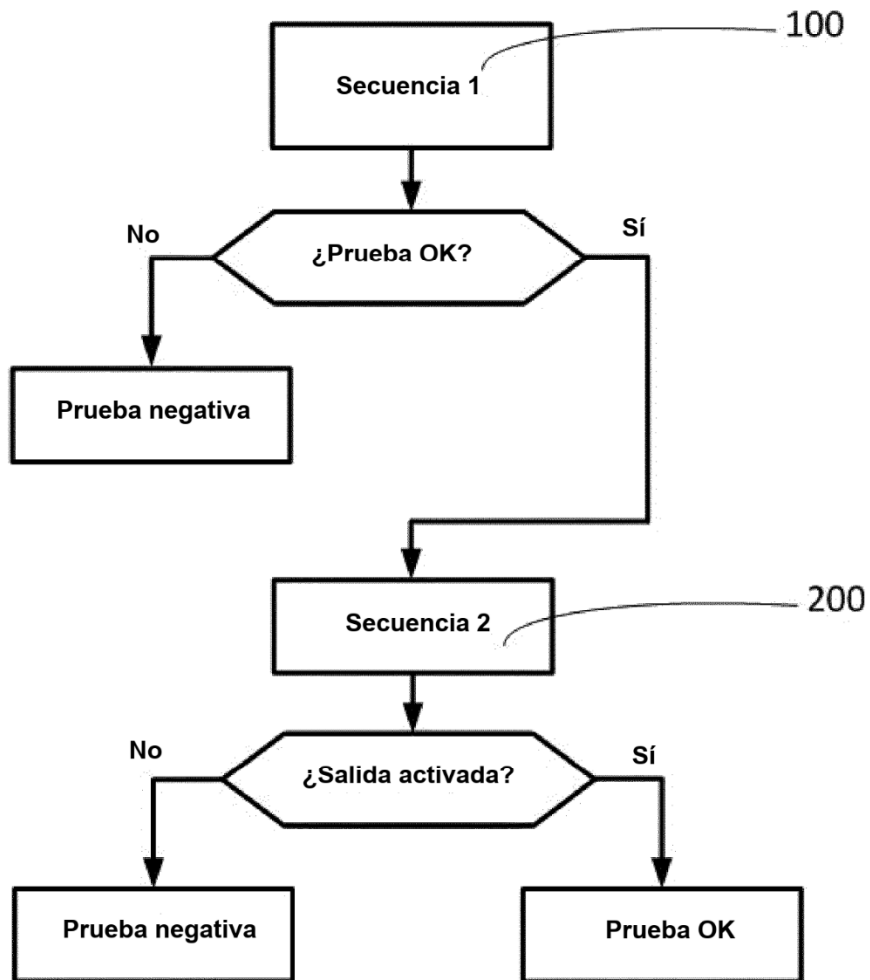
14. Aparato de protección (1) según una de las reivindicaciones 12 o 13 **caracterizado porque** incluye:

- 45
- un interruptor de corriente (12) para establecer o para interrumpir la circulación de una corriente eléctrica en, al menos, un conductor de corriente (21),
  - un accionador (11), conectado a la salida de control (53) del circuito de detección (5), accionando dicho accionador (11) la apertura del interruptor de corriente (12) cuando la salida de control (53) está activada.

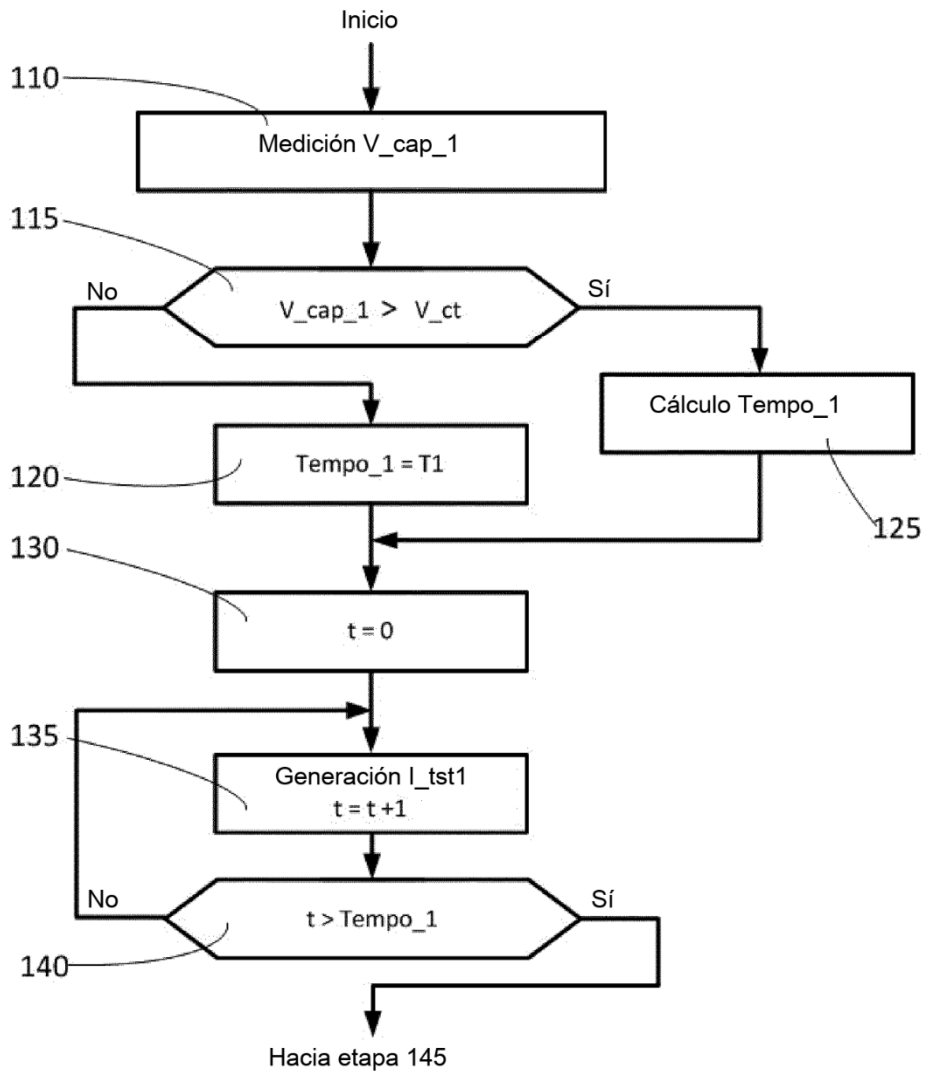
15. Aparato de protección (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14 **caracterizado porque** el sensor de corriente (2) es un sensor de la corriente diferencial que circula en, al menos, dos conductores eléctricos (21).



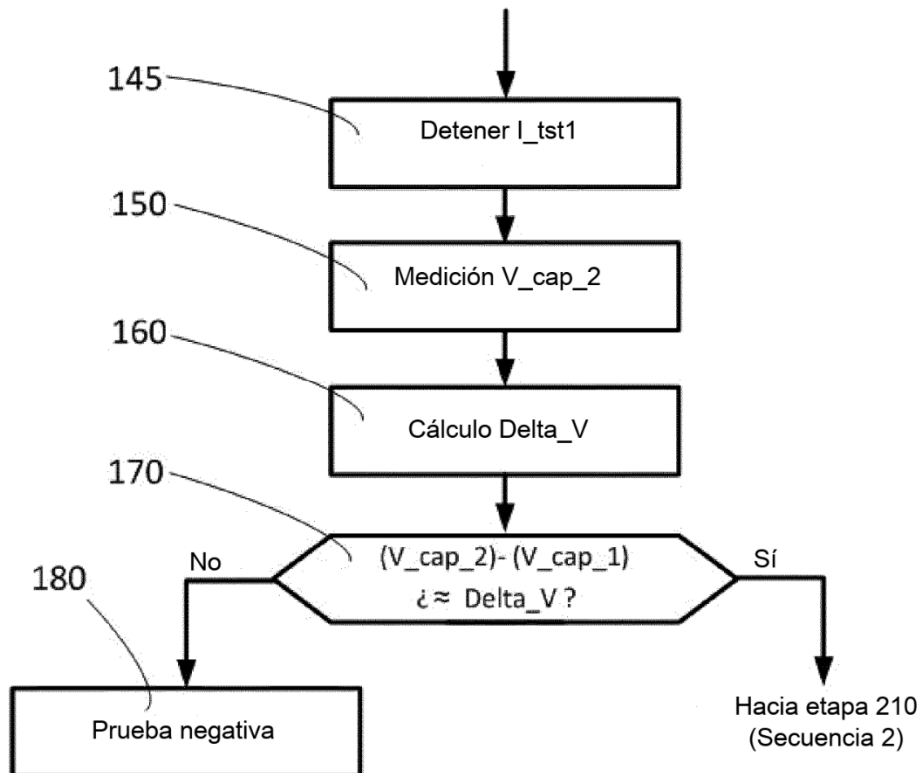
[Fig 2]



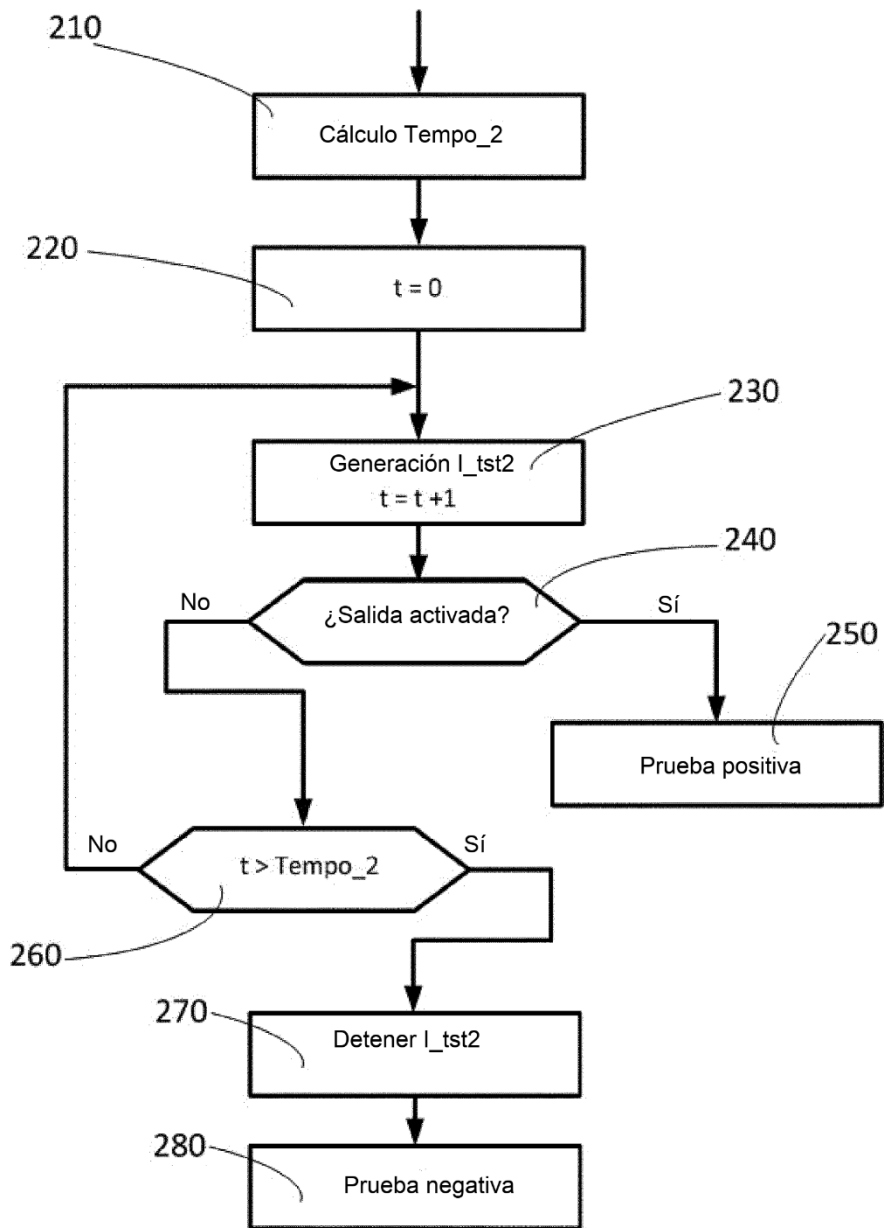
[Fig 3A]



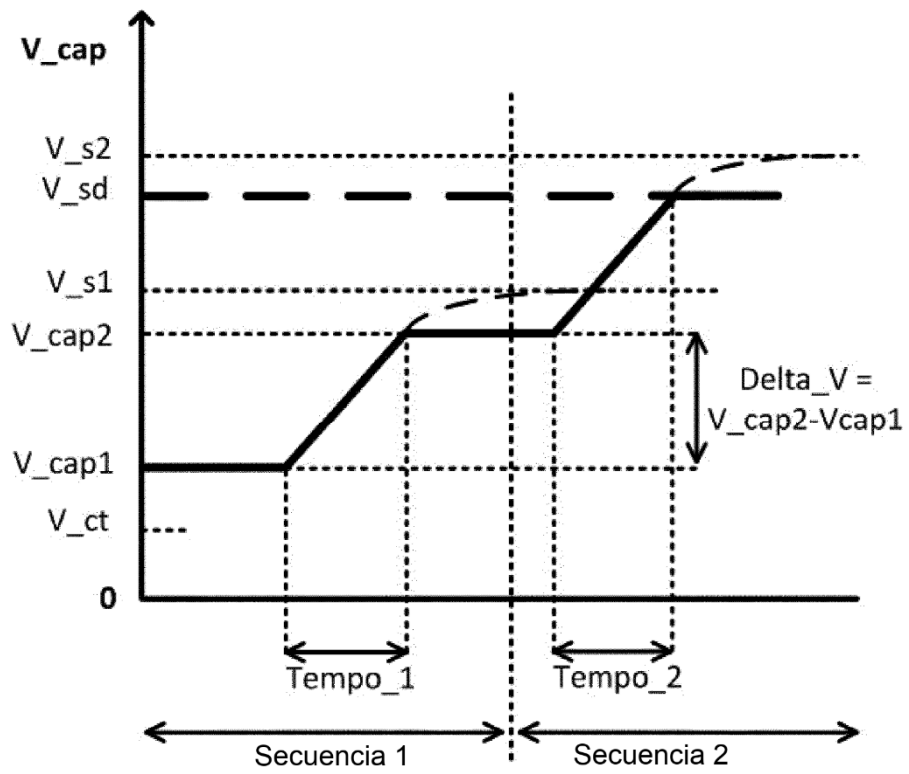
[Fig 3B]



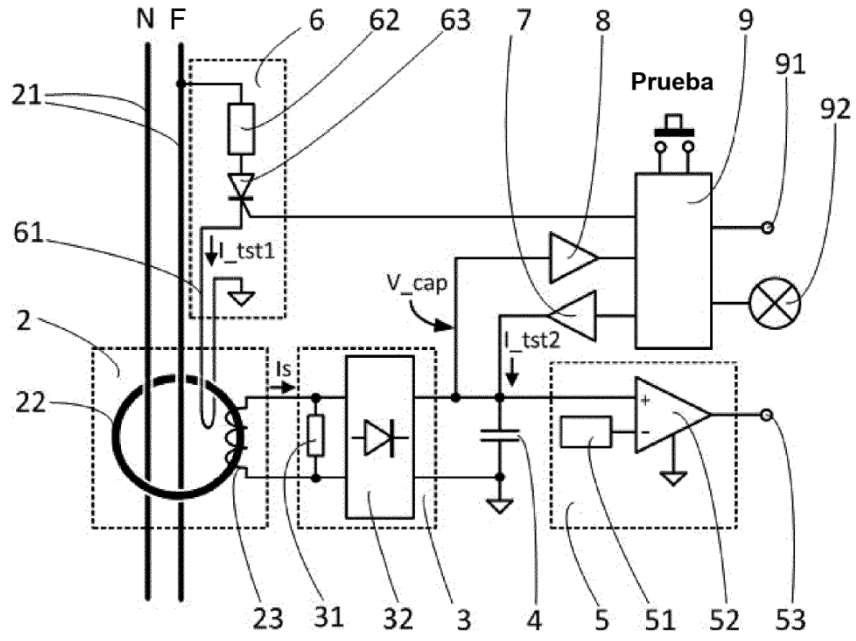
[Fig 3C]



[Fig 4]



[Fig 5]



[Fig 6]

